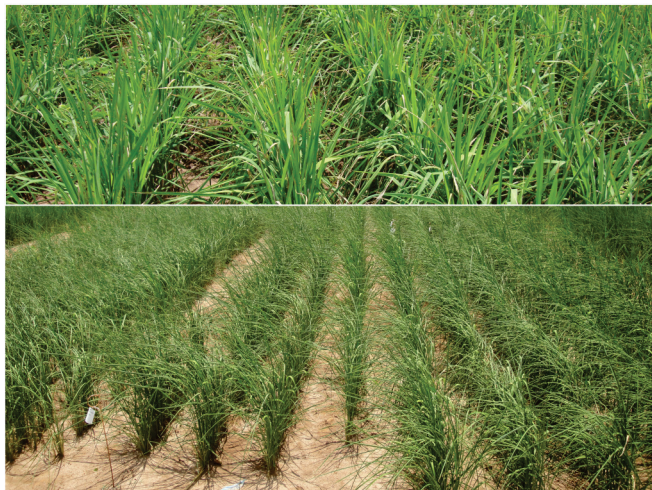


Foto: Alexandre Bryan Heinemann



Zoneamento da Região Produtora de Arroz de Terras Altas Quanto ao Impacto da Deficiência Hídrica

Alexandre Bryan Heinemann¹
Luís Fernando Stone²
Silvando Carlos da Silva³
Alessandra da Cunha Moraes⁴

Introdução

Historicamente, o cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas assumiu papel importante como cultura pioneira no processo de ocupação agrícola do Cerrado, iniciado na década de 1960. Com a progressiva redução das áreas de abertura, em meados da década de 1980, e a concorrência com culturas mais rentáveis, como a soja, nas áreas já abertas, a área cultivada com arroz no sistema de sequeiro foi gradativamente reduzida (PINHEIRO et al., 2006). Ao longo dos anos, a área semeada com arroz de terras altas decresceu em 69%, passando de 3,07 milhões para 0,94 milhão de hectares, de 1990 a 2013 (EMBRAPA, 2015). O aumento verificado na produtividade, que passou de 949 kg ha⁻¹ para 1.701 kg ha⁻¹, não foi suficiente para compensar a perda na produção em razão da diminuição da área cultivada. Apesar disso, o Brasil é um dos poucos países do mundo onde o arroz de terras altas desempenha papel de fundamental importância no abastecimento interno desse grão para a população, atuando como regulador de preços.

Grande parte das lavouras está localizada na região do Cerrado, onde predominam latossolos com baixa capacidade de água disponível. Durante a estação chuvosa (outubro-abril), quando é feito o cultivo do arroz, a distribuição das chuvas é irregular, sendo comum a ocorrência de estiagens de duas a três semanas. A alta demanda evapotranspirativa, aliada à característica dos solos, faz com que essas estiagens causem consideráveis decréscimos na produtividade do arroz (STONE; SILVEIRA, 2004). Em adição aos fatores mencionados anteriormente, a elevada suscetibilidade do arroz à deficiência hídrica tem sido, também, responsável pela redução da área cultivada com esse cereal.

Em razão disso, no início da década de 1980, a agenda de pesquisa da cultura do arroz de terras altas foi direcionada para gerar conhecimento e tecnologia voltados para áreas mais favoráveis, do ponto de vista do risco climático. Foi estabelecido o zoneamento agrícola de risco climático, usando modelo de balanço hídrico, o que permitiu determinar os municípios e as épocas de semeadura com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

³ Engenheiro-agrônomo, mestre em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

⁴ Tecnóloga em Geoprocessamento, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

Apesar dessa estratégia ter contribuído para o aumento da produtividade do arroz de terras altas, em face das mudanças climáticas globais, novas estratégias são necessárias para tornar o melhoramento da cultura mais eficiente para condições não ideais nas regiões de cultivo desse cereal. Essas estratégias devem incluir a classificação das variações espaçotemporais dos rendimentos em grupos ambientais, bem como a determinação de tipos de deficiência hídrica predominantes e das suas características (duração, intensidade, tempo fenológico e efeitos fisiológicos) dentro desses grupos ambientais.

Contudo, devido à extensão da região de produção do arroz de terras altas, a identificação e caracterização de ambientes é, geralmente, limitada pela falta de experimentos agrônômicos distribuídos dentro dessa região. Para superar esse gargalo, o uso de modelos de simulação de culturas para identificar ambientes homogêneos, integrando clima, solo, cultura e fatores de manejo, e caracterizar os padrões de deficiência hídrica (frequência e intensidade) são úteis, em estratégias de melhoramento que visam ao desenvolvimento de germoplasma de alto rendimento, com tolerância à deficiência hídrica.

Este estudo teve como objetivo geral, por meio de modelos de processo, dar suporte ao programa de melhoramento de arroz de terras altas na alocação dos experimentos em locais que são representativos dos diferentes grupos ambientais existentes na região de produção.

Material e Métodos

Neste estudo foi utilizado o modelo de simulação da cultura do arroz ORYZA2000 (<https://sites.google.com/a/irri.org/oryza2000/about-oryza-version-3>). Esse modelo foi parametrizado e avaliado para a cultivar BRS Primavera. A região de produção do arroz de terras altas, neste caso, compreende os estados de Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e Goiás (Figura 1). Foram utilizadas 51 estações meteorológicas, com 30 anos de dados diários de precipitação, temperaturas máxima e mínima e radiação solar. Sete diferentes solos, representativos da região produtora de arroz de terras altas quanto à textura, foram considerados. Os atributos físico-hídricos desses solos estão descritos no anexo 1 (HEINEMANN et al., 2015). A distribuição geográfica

das estações meteorológicas e dos solos na região de produção está ilustrada na Figura 1.

As simulações foram realizadas para oito datas de semeadura, bem como para cada uma das sete classes texturais, considerando as 51 estações meteorológicas, o período de 1980 a 2012 e as práticas agronômicas recomendadas. As épocas de semeadura foram definidas em intervalos de dez dias, durante a janela de plantio, a partir de 1º de novembro até 10 de janeiro. A definição da época de semeadura é baseada no zoneamento de risco climático para o arroz de terras altas, desenvolvido pelo governo brasileiro (<http://www.agricultura.gov.br/>). A simulação pelo modelo ORYZA2000 iniciou-se em fevereiro, independentemente da época de semeadura, a fim de permitir o estabelecimento de um perfil de água no solo realista, com base em padrões de precipitação ocorridos antes das respectivas datas de semeadura. Todas as simulações foram feitas para a condição de sequeiro (sem irrigação), assumindo-se que estresses bióticos não ocorreram e, também, que o nitrogênio não foi limitante ao desenvolvimento e crescimento das plantas. Apesar de haver interações entre deficiência hídrica e limitação de nitrogênio, este estudo foca apenas a deficiência hídrica como a principal restrição abiótica na região de produção de arroz de terras altas (HEINEMANN; SENTELHAS, 2011). Taxas de transpiração e evaporação potencial foram calculadas com base no método de Priestley-Taylor. A profundidade máxima de enraizamento foi fixada em 50 cm, com base em amostras de solo nos ensaios de calibração.

Determinação dos grupos ambientais

A produtividade simulada atingível do arroz de terras altas (limitação de água e radiação) foi utilizada para identificar os grupos ambientais na região de estudo. Para isso, foi construída uma matriz que consiste na produtividade simulada de 1980-2012, na data de semeadura, localização (latitude e longitude) e classe textural do solo. Utilizou-se o método de agrupamento hierárquico aglomerativo (WILLIAMS, 1976) para a análise de cluster, considerando a distância euclidiana ao quadrado como medida de dissimilaridade e a soma incremental (WARD, 1963) como o critério de fusão. O número de grupos ambientais foi definido com base nos seguintes critérios: a) o ganho de inércia, com base no teorema de Huygens, que permite a decomposição da inércia total (variação total) entre e dentro do grupo de

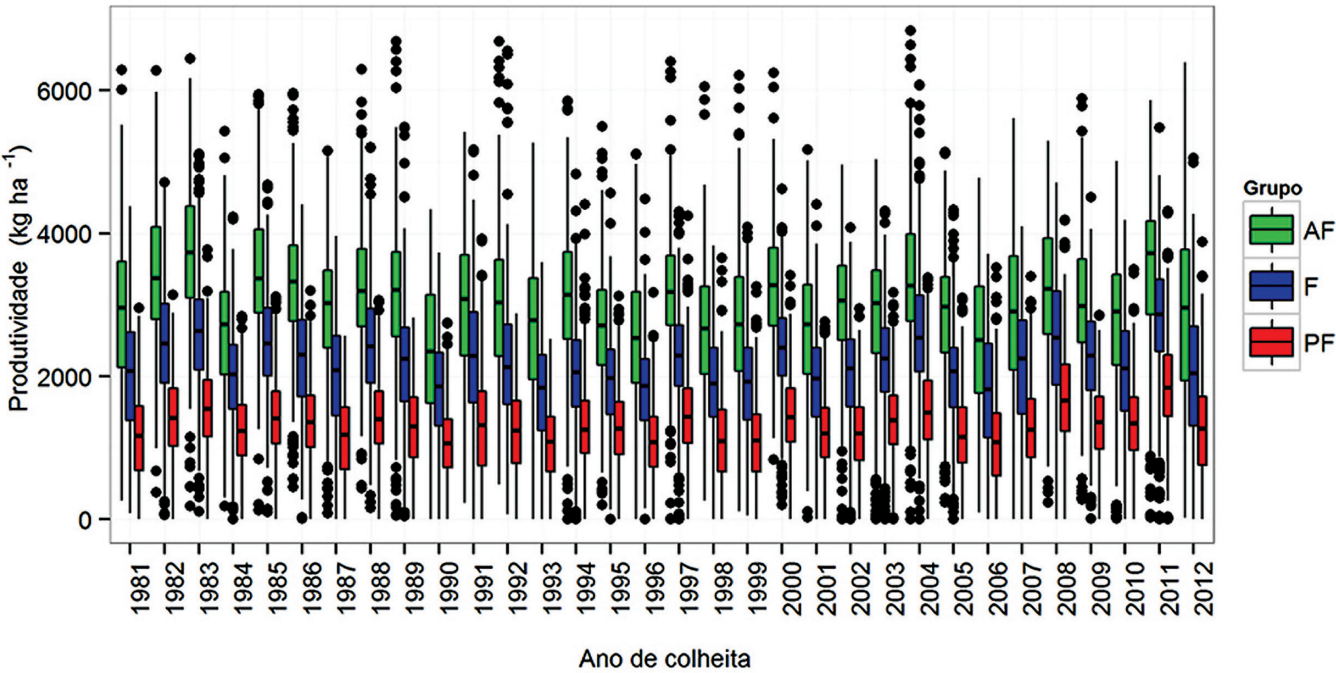


Figura 2. Produtividade de arroz simulada nos grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF) ao longo dos anos.

Tabela 1. Produtividade do arroz de terras altas simulada, transpiração atual e radiação absorvida para os grupos ambientais PF (pouco favorável), AF (altamente favorável) e F (favorável) nos diferentes quartis.

Valores	PF	AF	F	PF	AF	F	PF	AF	F
	Produtividade simulada (kg ha ⁻¹)			Transpiração atual acumulada (mm)			Radiação absorvida (MJ m ⁻² ciclo ⁻¹)		
Mínima	0	0	0	2	19	19	0	47	45
1º quartil	893,3	2339	1614	89	199	150	216	345	293
Mediana	1297	3023	2184	110	229	1783	254	378	329
Média	1661	3168	2610	132	213	178	293	372	326
3º quartil	1709	3640	2700	136	260	203	294	412	363
Máxima	4407	6839	6552	323	356	338	699	680	602

F - Ambiente Favorável

Esse grupo ambiental apresentou produtividades de arroz de terras altas simuladas maiores que o ambiente pouco favorável, mas menores que o altamente favorável. A produtividade de arroz de terras altas média simulada, a transpiração média atual e a radiação média absorvida foram de 2.610 kg ha⁻¹, 178 mm e 326 MJ m⁻² por ciclo da cultura (Tabela 1). A data de florescimento média é de 70 dias após a emergência (DAE), com um desvio padrão de dois dias. Uma

característica desse grupo ambiental é a predominância de solos franco-argiloarenosos (28% de ocorrência) e franco-argilosos (24% de ocorrência), conforme ilustra a Figura 3. Esse grupo ambiental é responsável por 44% das ocorrências na região de produção do arroz de terras altas.

PF - Ambiente Pouco Favorável

Esse grupo ambiental apresentou os menores valores para a produtividade simulada. A

produtividade média simulada, a transpiração média atual e a radiação média absorvida foram de, respectivamente, 1.661 kg ha⁻¹, 132 mm e 293 MJ m⁻² por ciclo da cultura (Tabela 1). A data de florescimento é similar ao grupo ambiental favorecido (70 DAE, com dois dias de desvio padrão). Nesse ambiente, a precipitação total anual é menor que a média da região (1.465 mm vs 1.505 mm), enquanto que a radiação global anual, a amplitude térmica anual, as temperaturas médias anuais máxima e mínima foram maiores que a média regional. Uma característica desse grupo ambiental é a predominância de solos arenosos e franco-arenosos (33% e 41%, respectivamente), com data de semeadura concentrada no fim da janela de semeadura (30/12 e 10/01) (Figura 3). Esse grupo ambiental

é responsável por 37% das ocorrências na região de produção do arroz de terras altas.

A Figura 4a ilustra a distribuição dos grupos ambientais AF, F e PF nos estados do Tocantins, Mato Grosso, Goiás e Rondônia e, a Figura 4b, a estabilidade desses grupos ambientais naqueles Estados. A estabilidade dos grupos ambientais está relacionada à frequência de ocorrência dos grupos ambientais em um determinado local. Neste estudo, quando a frequência de ocorrência de um determinado grupo ambiental foi menor ou igual a 60%, considerou-se baixa estabilidade. Para frequência de ocorrência entre 62% e 87%, considerou-se como média estabilidade e, acima de 87%, alta estabilidade.

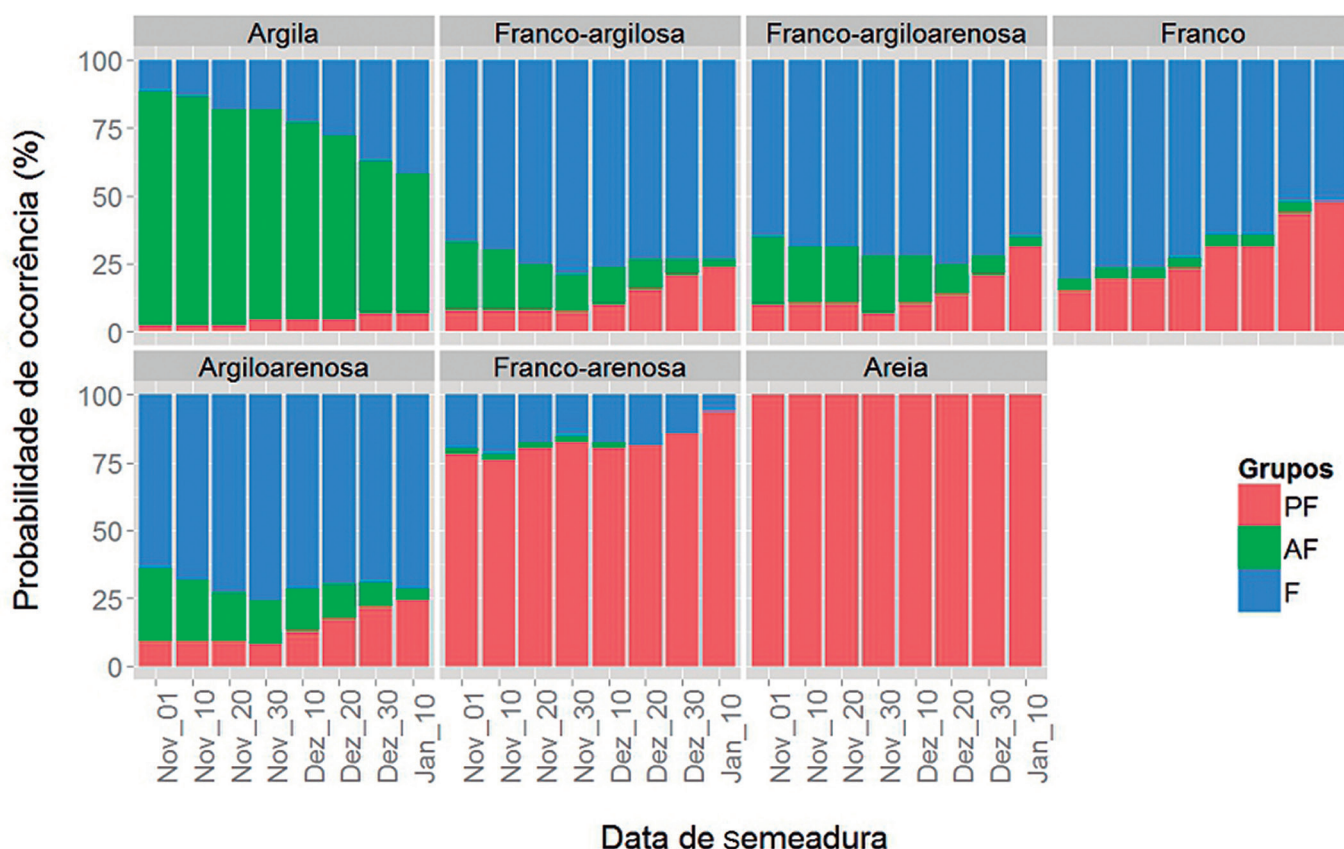


Figura 3. Probabilidade de ocorrência dos grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF), de acordo com as datas de semeadura e classes texturais dos solos.

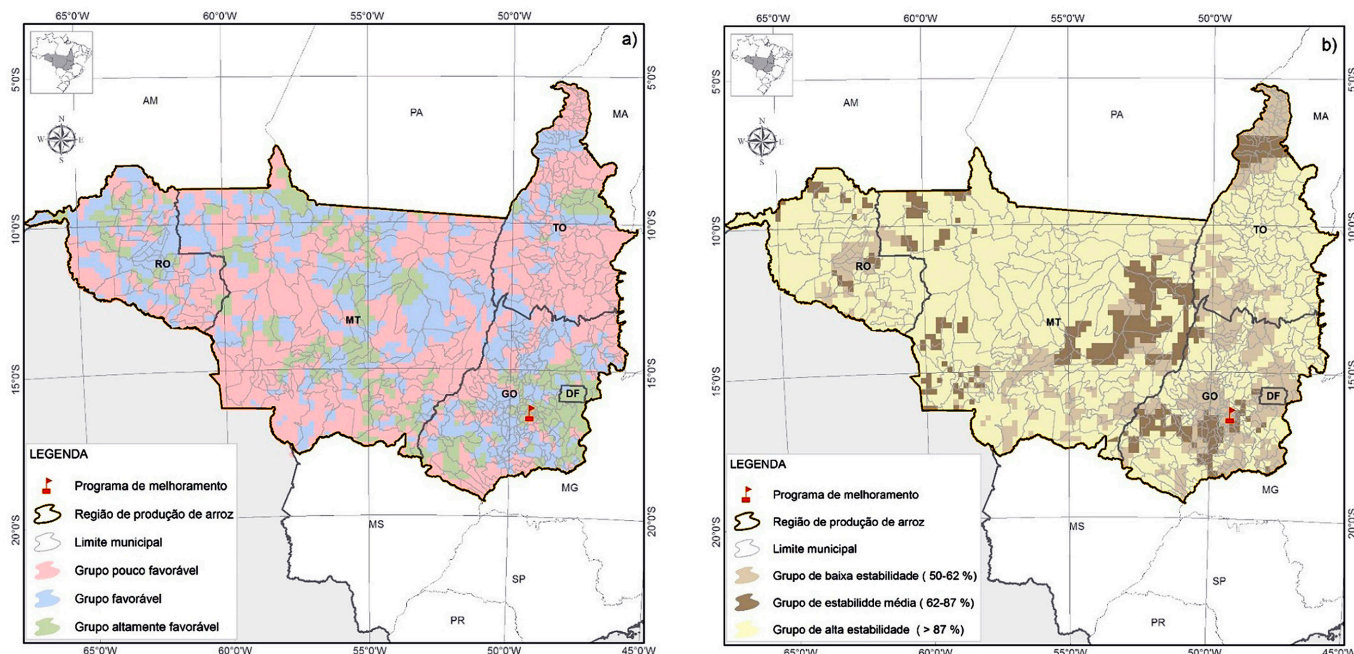


Figura 4. Distribuição dos grupos ambientais altamente favorável (AF), favorável (F) e pouco favorável (PF) nos estados do Tocantins, Mato Grosso, Goiás e Rondônia (a) e estabilidade desses grupos ambientais, de acordo com a frequência de ocorrência dos grupos naqueles Estados (b).

Conclusões

Baseado nos resultados deste estudo, o programa de melhoramento de arroz de terras altas deve realizar a distribuição dos experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) na região de produção, em razão da ocorrência de deficiência hídrica nos três ambientes estabelecidos: altamente favorável (baixa ocorrência); favorável (média ocorrência) e pouco favorável (alta ocorrência).

Referências

EMBRAPA. **Socioeconomia**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

HEINEMANN, A. B.; SENTELHAS, P. C. Environmental group identification for upland rice production in central Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 5, p. 540-547, set./out. 2011.

HEINEMANN, A. B.; BARRIOS-PEREZ, C.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; ARANGO-LONDOÑO, D.; BONILLA-FINDJI, O.; MEDEIROS, J. C.; JARVIS, A. Variation and impact of drought-stress patterns across upland rice target population of environments in Brazil. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 66, n. 12, p. 3625-3638, June 2015.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory multivariate analysis by example using R**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2011. 228 p.

PINHEIRO, B. da S.; CASTRO, E. da M. de.; GUIMARÃES, E. P. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 34-42, May 2006.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. **Arroz irrigado por aspersão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 64).

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v. 58, n. 301, p. 236-244, Mar. 1963.

WILLIAMS, W. T. **Pattern analysis in agricultural science**. Amsterdam: Elsevier, 1976. 331 p.

ANEXO 1

Atributos físico-hídricos dos solos de acordo com a classe textural.

Atributos*	Classe textural						
	Argila	Franco-argilosa	Franco	Areia	Argiloarenosa	Franco-argiloarenosa	Franco-arenosa
Ds	1,06	1,15	1,23	1,55	1,24	1,32	1,40
Ds DP	0,10	0,09	0,12	0,07	0,05	0,08	0,10
θ_s	0,56	0,51	0,48	0,36	0,48	0,45	0,42
θ_s DP	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
CC	0,33	0,22	0,15	0,07	0,25	0,19	0,12
CC DP	0,05	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
θ_r	0,18	0,11	0,06	0,01	0,13	0,09	0,04
θ_r DP	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
MOS	4,15	4,76	4,37	1,94	3,30	3,13	3,12
MOS DP	2,18	2,67	3,22	2,09	1,39	1,54	3,07
Argila (%)	55,24	33,73	20,31	4,50	40,21	26,82	14,31
Argila DP	10,48	3,45	5,24	1,78	3,13	4,33	3,42
Areia (%)	25,31	35,50	41,97	92,38	50,31	60,16	70,03
Areia DP	11,25	7,02	6,23	2,66	4,03	7,67	7,80
Ks	107,58	77,73	68,36	72,39	66,63	52,10	48,70
PMP	0,25	0,17	0,11	0,05	0,20	0,14	0,09
Prof	17	16	15	17	17	17	15
N. de Perfil	231	117	89	120	52	244	421

*DP - desvio padrão; Ds - densidade do solo (Mg m^{-3}); θ_s - umidade de saturação ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); CC - capacidade de campo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_r - umidade residual ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); MOS - matéria orgânica do solo (%); Ks - condutividade hidráulica saturada (mm d^{-1}); PMP - ponto de murcha ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Prof - profundidade da primeira camada (cm) e N. de Perfil - número de perfis de solos utilizados na criação de cada classe textural representativa.

Fonte: Heinemann et al. (2015).

Comunicado Técnico, 223

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Arroz e Feijão
Endereço: Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural, Caixa Postal 179 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2110
Fax: (62) 3533 2100
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
On-line (2015)

Comitê de publicações

Presidente: *Pedro Marques da Silveira*
Secretário-Executivo: *Luiz Roberto R. da Silva*
Membros: *Camilla Souza de Oliveira, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Flávia Rabelo Barbosa Moreira, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Heloisa Célis Breseghello, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, Fábio Fernandes Nolêto*

Expediente

Supervisão editorial: *Luiz Roberto R. da Silva*
Revisão de texto: *Henrique César de O. Ferreira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*